

## **PENGARUH CAR FREE DAY TERHADAP PERUBAHAN UDARA AMBIEN**

Gusvadillah dan Fajar Supramono  
Program Studi Teknik Lingkungan USNI  
supramonofajar@gmail.com

### Abstrak

Penerapan *Car Free Day* merupakan solusi Pemerintah DKI Jakarta untuk mengatasi dan mengurangi tingkat pencemaran udara di DKI Jakarta. Pencemar yang dimaksud antara lain; sulfur dioksida ( $SO_2$ ), nitrogen dioksida ( $NO_2$ ), dan *Total Suspended Particulate* (TSP). Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode aktif yaitu sistem pengambilan contoh dengan bantuan pompa secara terus menerus. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efisiensi dan kadar kualitas udara kegiatan transportasi di Bundaran HI Jakarta pada saat *Car Free Day*. Metode yang digunakan adalah metode acak lengkap dengan dua perlakuan dan enam kali pengulangan di setiap masing-masing pengukuran. Hasil yang didapatkan adalah *Car Free Day* dapat menurunkan konsentrasi, dengan penurunan kadar  $SO_2$  36,50%,  $NO_2$  37,05%, dan TSP 36,28%. Hasil Analisis Varian menunjukkan bahwa  $F$  hitung  $>$   $F$  tabel pada selang kepercayaan 5%. Hal ini berarti konsentrasi pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* memiliki perbedaan variasi yang signifikan. Hasil analisis pada Uji  $t$  menunjukkan  $T$  hitung  $>$   $T$  tabel pada selang kepercayaan 5%. Hal ini berarti konsentrasi pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* memiliki perbedaan rerata konsentrasi yang signifikan. Sehingga secara statistik kadar polutan pada saat *Non Car Free Day* memang lebih tinggi dibandingkan kadar polutan pada saat *Car Free Day*.

Kata kunci : *Car Free Day*, Udara Ambien,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , TSP

### Abstract

*Application of Car Free Day is a solution Jakarta City government to be overcome and reduce the level of air pollution in Jakarta. Pollution which referred to between others; sulfur dioxide ( $SO_2$ ), nitrogen dioxide ( $NO_2$ ), and Total Suspended Particulate (TSP). Sample collection technique done with the methods active namely retrieval system example with the help of a pump is available continuously. Research objectives is to find efficiency and air quality levels activities transport in HI Roundabout Jakarta during Car Free Day. Methods used a method of random is complete with two treatment and six times repetition in each respective measurement. The results obtained are car free day could reducing the concentration, with decreasing levels of  $SO_2$  36,50 %,  $NO_2$  37,05 %, and TSP 36,28%. Variant of the results of the analysis shows that  $F$  count  $>$   $F$  table hose trust on 5%. This means the concentration on when Car Free Day and Non Car Free Day have a difference significant variation. The results of the test on Analysis  $t$  show  $T$  count  $>$   $T$  table hose trust on 5%. This means the concentration on when Car Free Day and Non Car Free Day have differences average concentration significant. So statistically levels of pollutants at the time of Non Car Free Day indeed higher than levels of pollutants at the time of Car Free Day.*

Keywords : *Car Free Day*, Ambient Air,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , TSP

## **A. PENDAHULUAN**

### **1. Latar Belakang**

Udara merupakan zat yang paling penting setelah air dalam memberikan kehidupan di permukaan bumi, selain memberikan oksigen, udara juga berfungsi sebagai alat penghantar suara dan bunyi-bunyian, pendingin benda-benda yang panas dan dapat menjadi media penyebaran penyakit (Agusnar, 2007). Masalah pencemaran udara sudah lama menjadi masalah kesehatan masyarakat, terutama di negara-negara industri yang banyak memiliki pabrik, kendaraan bermotor, dan yang berhubungan erat dengan aktivitas manusia (Darmono, 2001).

Pembangunan di negara kita, khususnya pembangunan bidang industri berjalan sangat cepat. Konsekuensi dari proses pembangunan industri tersebut adalah meningkatnya limbah yang dikeluarkan oleh industri tersebut, termasuk limbah udara yang dapat merubah kualitas udara ambien. Peningkatan tersebut tidak hanya terjadi di bidang industri, tetapi juga terjadi di sektor transportasi (Mukono, 2008).

Terdapat peningkatan polutan untuk daerah lalu lintas padat seperti Jakarta, Bandung, Surabaya, dan kota besar lainnya. Polutan yang dimaksud adalah *Total Suspended Particulate* (TSP), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Di Indonesia, kendaraan bermotor merupakan sumber utama polusi udara di perkotaan. Menurut World Bank, dalam kurun waktu 6 tahun sejak 1995 hingga 2001 terdapat pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sebesar 100%. Sebagian besar kendaraan bermotor itu menghasilkan gas buang yang buruk, baik akibat perawatan yang kurang memadai ataupun dari penggunaan bahan bakar dengan kualitas kurang baik. World Bank juga menempatkan Jakarta menjadi salah satu kota dengan kadar polutan/partikulat tertinggi setelah Beijing, New Delhi, dan Mexico City. Polusi udara yang terjadi sangat berpotensi mengganggu kesehatan.

Penerapan konsep *Car Free Day* atau Hari Bebas Kendaraan Bermotor merupakan solusi dari Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk mengatasi dan mengurangi tingkat pencemaran udara di DKI Jakarta. Penelitian ini akan mengumpulkan fakta-fakta mengenai kualitas udara yang dilaksanakan di ruas jalan Bundaran HI Jakarta, sedikit banyak dapat memberi angin segar akan keberadaan ruang terbuka yang responsif terhadap kebutuhan masyarakat.

## 2. Rumusan Masalah

Pesatnya tingkat pembangunan di Kota Jakarta akan sejalan dengan peningkatan dinamika penduduk sehingga transportasi yang dibutuhkanpun akan meningkat juga. Dalam hal ini khususnya jumlah kendaraan yang ada di Kota Jakarta baik kendaraan umum maupun kendaraan pribadi. Perubahan kondisi ini akan membawa dampak tertentu terhadap peningkatan jumlah kendaraan sehingga mengakibatkan penurunan kualitas udara Kota Jakarta. Dimana kecenderungan kendaraan bermotor akan mengeluarkan polutan yang dapat mencemari udara.

Oleh karena itu dalam penelitian ini permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi kualitas udara kegiatan transportasi di Bundaran HI Jakarta pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day*.
2. Berapa efisiensi *Car Free Day* terhadap penurunan kualitas udara kegiatan transportasi di Bundaran HI Jakarta.

## 3. Batasan Masalah

Batasan masalah tersebut adalah :

1. Penelitian dasar memfokuskan pada perbandingan data hasil sampling kualitas udara kegiatan transportasi pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day*.
2. Wilayah studi yaitu di Bundaran HI Jakarta pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day*.
3. Penelitian dibatasi dengan variabel konsentrasi TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> (µg/Nm<sup>3</sup>) pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day*.

## 4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kadar kualitas udara kegiatan transportasi di Bundaran HI Jakarta pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day*.

2. Mengetahui efisiensi *Car Free Day* terhadap penurunan kualitas udara di Bundaran HI Jakarta.

## 5. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan akan dapat :

1. Memberikan gambaran tentang kualitas udara di Jalan Bundaran HI Jakarta pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day*, sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi Pemerintah dalam menata arus lalu lintas pada jalan-jalan yang padat kendaraannya.
2. Sebagai upaya dalam meningkatkan mutu kualitas udara terutama untuk mengurangi pencemaran udara pada Jalan Bundaran HI Jakarta.

## B. METODOLOGI

### 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Bundaran HI Jakarta pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day*. Tempat tersebut dipilih dengan beberapa pertimbangan diantaranya jalan tersebut merupakan jalan yang padat akan lalu lintas dan adanya kegiatan *Car Free Day*. Selain itu lokasinya mudah dijangkau dan memudahkan peneliti untuk memperoleh sampel dan data.

### 2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 1 bulan (pada saat tidak musim hujan)

### 3. Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode acak lengkap dengan dua perlakuan yaitu pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* dan enam kali pengulangan di setiap masing-masing pengukuran.

#### Alat Pengambil Sampel SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> di Udara Ambien

Alat yang digunakan untuk mengambil sampel SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> di udara ambien menggunakan seperangkat alat impinger, dan vakum udara. Dengan alat sampling tersebut udara dihisap dalam periode tertentu ke dalam penyerap secara terus menerus hingga didapatkan hasil konsentrasi kadar SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>.

#### Alat Pengambil Sampel Partikulat di Udara Ambien

Alat yang digunakan untuk mengambil sampel partikulat di udara ambien menggunakan seperangkat alat *High Volume Air Sampler* (HVAS) atau biasa digunakan alat *Graseby*. Dengan alat sampling tersebut udara dihisap dalam periode tertentu ke dalam filter secara terus menerus hingga didapatkan hasil dalam bentuk satuan massa partikulat yang terkumpul per satuan volume.

#### Prinsip Penentuan Gas SO<sub>2</sub>

Pada prinsipnya penentuan SO<sub>2</sub> adalah dengan penyerapan udara menggunakan larutan penyerap *tetrakloromercurat* membentuk senyawa kompleks *diklorosulfonatomercurat*. Dengan menambahkan larutan *pararosanilin* dan *formaldehida*, ke dalam senyawa *diklorosulfonatomercurat* maka terbentuk senyawa *pararosanilin metil sulfonat* yang berwarna ungu. Konsentrasi larutan diukur menggunakan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm (SNI 19-7119.7-2005).

#### Prinsip Penentuan Gas NO<sub>2</sub>

Gas NO<sub>2</sub> diserap dalam larutan *griess saltzman* sehingga membentuk suatu senyawa *azo dye* berwarna merah muda yang stabil 15 menit. Konsentrasi larutan ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm (SNI 19-7119.7-2005).

#### Prinsip Penentuan *Total Suspended Particulate* (TSP)

Udara dihisap melalui filter di dalam *shelter* dengan menggunakan pompa vakum laju alir tinggi sehingga partikel terkumpul di permukaan filter. Jumlah partikel yang terakumulasi dalam filter selama periode waktu tertentu dianalisis secara gravimetri. Laju alir di pantau saat periode pengujian. Hasilnya ditampilkan dalam bentuk satuan massa partikulat yang terkumpul per satuan volum contoh uji udara yang diambil sebagai µg/Nm<sup>3</sup> (SNI 19-7119.7-2005).

**Alat Analisis**

Alat analisis yang dipakai adalah Analisis Varian dan Uji t dengan rumus :

Tabel 1. Analisis Varian

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Varian (Ragam)	F hit	F table	
					0,01	0,05
Perlakuan	$v_1 = k - 1$	JKK	$S_1^2 = \frac{JKK}{v_1}$	$\frac{S_1^2}{S_2^2}$		
Galat	$v_2 = N - k$	JKS	$S_1^2 = \frac{JSK}{v_2}$			
	N-1	JKT				

Keterangan :

N = Banyaknya pengamatan  $n_1 + n_2 + \dots + n_k$

K = Jumlah populasi atau perlakuan

JKK = Jumlah kuadrat perlakuan =  $(\sum X_i^2) - \frac{T^2}{N}$

JKS = Jumlah kuadrat galat = JKT-JKK

$S_1^2 = \frac{JKK}{v_1}$

$S_2^2 = \frac{JKS}{v_2}$

- Apabila nilai F hitung > F tabel  
Maka  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima, yang berarti secara statistik, varian kadar pada saat *Car Free Day* berbeda dengan varian kadar pada saat *Non Car Free Day* pada selang kepercayaan 5%.
- Apabila nilai F hitung < F tabel  
Maka  $H_0$  diterima atau  $H_a$  ditolak, yang berarti secara statistik, varian kadar pada saat *Car Free Day* sama dengan varian kadar pada saat *Non Car Free Day* pada selang kepercayaan 5%.

Uji T :

$$T_h = \frac{\bar{x} - \bar{u}}{S_D / \sqrt{n}}$$

Keterangan :

$\bar{x}$  = Rata-rata *Car Free Day*

$\bar{u}$  = Rata-rata *Non Car Free Day*

$S_D$  = Standar deviasi selisih *Car Free Day* dengan *Non Car Free Day*

- Apabila nilai T hitung > T tabel  
Maka  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima, yang berarti secara statistik, ada perbedaan kadar polutan antara *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* terhadap kualitas udara ambien pada selang kepercayaan 5%.
- Apabila nilai T hitung < T tabel  
Maka  $H_0$  diterima atau  $H_a$  ditolak, yang berarti secara statistik, tidak ada perbedaan kadar polutan antara *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* terhadap kualitas udara ambien pada selang kepercayaan 5%.

**C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Jalan Jendral Sudirman – M.H. Thamrin dengan penghubung Bundaran HI merupakan jalan arteri primer, dengan kondisi disekitarnya didominasi wilayah perkantoran. Kepadatan lalu lintas di jalan ini relatif tinggi dengan jenis kendaraan yang melintas didominasi oleh kendaraan pribadi. Pelaksanaan *Car Free Day* di Bundaran HI Jakarta di mulai dari pukul 06.00-12.00 WIB. Akses

untuk menuju Bundaran HI Jakarta di tutup sementara sehingga tidak ada kendaraan yang berlalu-lalang di jalan tersebut kecuali Bus Trans Jakarta koridor 1.

### 1. Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) pada *Car Free Day*

Metode sampling aktif untuk udara ambien merupakan metode pengambilan contoh uji udara ambien dengan cara memompa udara sekitar dengan pompa pada laju alir tertentu ke dalam larutan penyerap yang spesifik, yang selanjutnya dianalisis hingga di dapat kadar yang diinginkan. Pengambilan sampel SO<sub>2</sub> menggunakan metode aktif dilakukan pada saat *Car Free Day* (tiap hari Minggu) dan *Non Car Free Day* (tiap hari Senin). Pengambilan sampel di Bundaran HI Jakarta dilaksanakan pada tanggal 5 April sampai tanggal 11 Mei 2015 selama enam kali pengulangan dan dilakukan selama satu jam pada pukul 09.00–10.00 WIB. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, diperoleh penurunan konsentrasi SO<sub>2</sub> pada *Car Free Day* yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Penurunan Konsentrasi SO<sub>2</sub> di Udara Ambien pada saat *Car Free Day***

Minggu Ke	<i>Non Car Free Day</i> ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	<i>Car Free Day</i> ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	Penurunan	
			( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	(%)
-				
1	57,68	37,53	20,15	34,93
2	60,03	38,03	22,00	36,65
3	58,61	36,92	21,69	37,01
4	61,21	38,96	22,25	36,35
5	59,57	37,61	21,96	36,86
6	63,49	39,87	23,62	37,20
Jumlah	360,59	228,92	131,67	219,01
Rata-rata	60,10	38,15	21,95	36,50
Standar Deviasi	2,05	1,08	1,11	0,82
Koefisien Variasi (%)	3,42	2,83	5,07	2,25

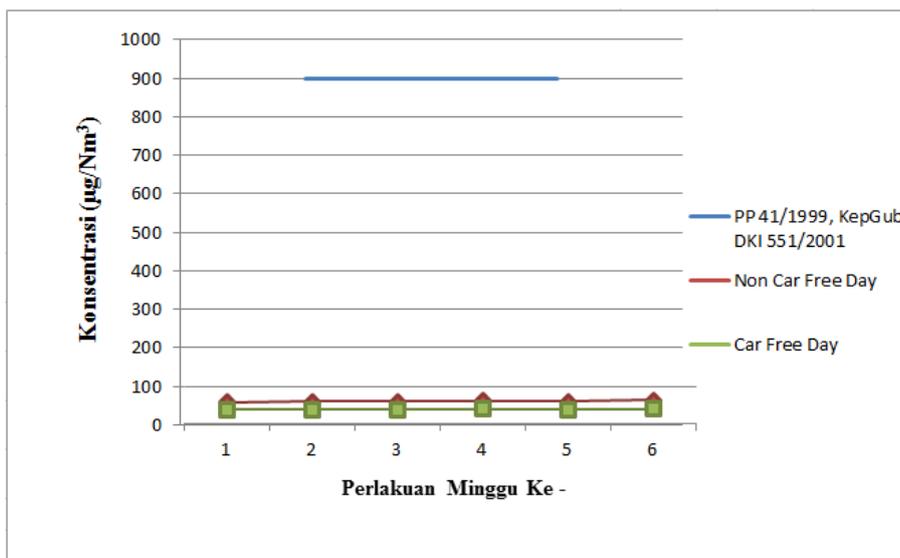
Tabel 2. menunjukkan rata-rata konsentrasi SO<sub>2</sub> pada saat *Non Car Free Day* adalah  $60,10 \pm 2,05 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan variasi 3,42% selama 6 minggu. Rata-rata konsentrasi SO<sub>2</sub> pada *Car Free Day* adalah  $38,15 \pm 1,08 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan variasi 2,83% selama 6 minggu. Rata-rata penurunan konsentrasi SO<sub>2</sub> pada *Car Free Day* adalah  $21,95 \pm 1,11 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan variasi selama 6 minggu 5,07% atau rata-rata  $36,50 \pm 0,82\%$  dengan variasi 2,26% selama 6 minggu. Hal ini menunjukkan nilai standar deviasi yang diperoleh lebih dari satu atau menjahui angka nol. Nilai tersebut menunjukkan penyebaran pada data *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* sangat beragam (bervariasi). Penurunan konsentrasi SO<sub>2</sub> pada penelitian Wardani (2012) juga menunjukkan penurunan sebesar  $6,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk periode Januari – April 2012.

Data SO<sub>2</sub> yang diperoleh dalam penelitian dianalisis menggunakan Analisis Varian dan Uji t. Data *Car Free Day* yang diperoleh dibandingkan dengan data *Non Car Free Day*. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Analisis Varian (Anova) pada Penurunan Konsentrasi SO<sub>2</sub> pada saat *Car Free Day***

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Varian (Ragam)	F hit	F tabel		T hit	T tabel	
					0,01	0,05		0,01	0,05
Perlakuan	1	1444,75	1444,75	537,00	10,04	4,96	3,3095	1,7958	2,2009
Galat	10	26,90	2,69						

Hasil Analisis Varian menunjukkan F hitung (537,00) > F tabel (4,96) pada selang kepercayaan 5%. Hal ini berarti konsentrasi pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* memiliki perbedaan variasi yang signifikan. Untuk mengetahui ada tidak perbedaan rerata konsentrasi SO<sub>2</sub> pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* maka dilakukan Uji t. Hasil analisis pada Uji t menunjukkan T hitung (3,30954) > T tabel (2,20099) pada selang kepercayaan 5%. Hal ini berarti konsentrasi pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* memiliki perbedaan rerata konsentrasi yang signifikan. Sehingga dari kedua uji tersebut dapat disimpulkan bahwa, secara statistik kadar polutan SO<sub>2</sub> pada saat *Non Car Free Day* memang lebih tinggi dibandingkan kadar polutan SO<sub>2</sub> pada saat *Car Free Day*. Perbedaan kedua konsentrasi gas tersebut pada 2 kelompok hari dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Konsentrasi SO<sub>2</sub> pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* di Wilayah Bundaran HI Jakarta.

Konsentrasi SO<sub>2</sub> pada *Car Free Day* maupun *Non Car Free Day* pada tanggal 5 April hingga 11 Mei 2015 konsentrasinya tidak ada yang melebihi baku mutu Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara dengan nilai konsentrasi 900 µg/Nm<sup>3</sup> dan baku mutu Keputusan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 551/2001 Tentang Penetapan Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Tingkat Kebisingan di Provinsi DKI Jakarta yaitu 900 µg/Nm<sup>3</sup>.

Perbedaan konsentrasi SO<sub>2</sub> pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* dapat dipicu oleh aktivitas transportasi dan industri. Bundara HI Jakarta merupakan wilayah yang didominasi oleh perkantoran, penyebab utama pencemaran diakibatkan oleh sumber bergerak yaitu kendaraan bermotor. Konsentrasi SO<sub>2</sub> terbentuk dari fungsi kandungan sulfur dalam bahan bakar, selain itu kandungan sulfur dalam pelumas juga menjadi penyebab terbentuknya SO<sub>2</sub> emisi.

## 2. Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) pada *Car Free Day*

Pengambilan sampel NO<sub>2</sub> menggunakan metode aktif dilakukan pada saat *Car Free Day* (tiap hari Minggu) dan *Non Car Free Day* (tiap hari Senin). Pengambilan sampel di Bundaran HI Jakarta dilaksanakan pada tanggal 5 April sampai tanggal 11 Mei 2015 selama enam kali pengulangan dan dilakukan selama satu jam pada pukul 09.00–10.00 WIB. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, maka diperoleh penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada *Car Free Day* yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penurunan Konsentrasi NO<sub>2</sub> di Udara Ambien pada saat *Car Free Day*

Minggu Ke -	<i>Non Car Free Day</i> ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	<i>Car Free Day</i> ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	Penurunan	
			( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	(%)
1	48,34	29,73	18,61	38,50
2	50,37	31,34	19,03	37,78
3	49,56	32,04	17,52	35,35
4	50,61	30,63	19,98	39,48
5	49,17	32,01	17,16	34,90
6	53,01	33,76	19,25	36,31
Jumlah	301,06	189,51	111,55	222,32
Rata-rata	50,18	31,59	18,59	37,05
Standar Deviasi	1,61	1,38	1,07	1,82
Koefisien Variasi (%)	3,22	4,37	5,77	4,91

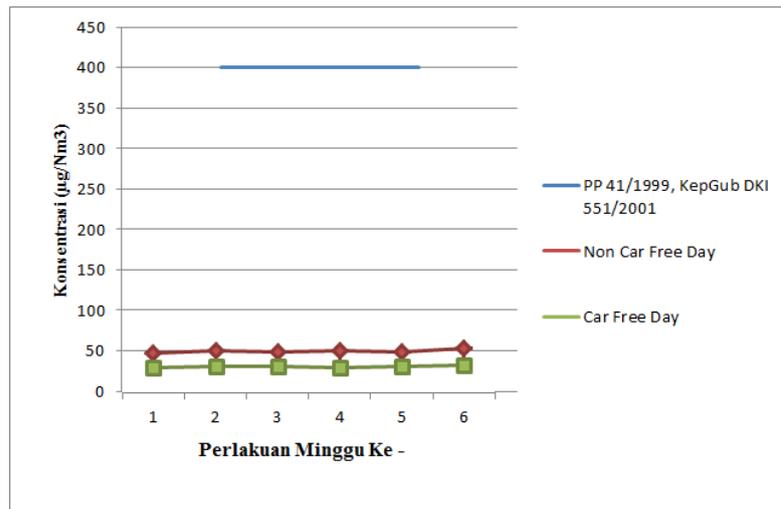
Tabel 4. menunjukkan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> pada saat *Non Car Free Day* adalah  $50,18 \pm 1,61 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan variasi 3,22% selama 6 minggu. Rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> pada *Car Free Day* adalah  $31,59 \pm 1,38 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan variasi 4,37% selama 6 minggu. Rata-rata penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada *Car Free Day* adalah  $18,59 \pm 1,07 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan variasi selama 6 minggu 5,77% atau rata-rata  $37,05 \pm 1,82\%$  dengan variasi 4,91% selama 6 minggu. Hal ini menunjukkan nilai standar deviasi yang diperoleh lebih dari satu atau menjahui angka nol. Nilai tersebut menunjukkan penyebaran pada data *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* sangat beragam (bervariasi). Penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada penelitian Wardani (2012) juga menunjukkan penurunan sebesar  $9,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk periode Januari – April 2012

Data NO<sub>2</sub> yang diperoleh dalam penelitian dianalisis menggunakan Analisis Varian dan Uji t. Data *Car Free Day* yang diperoleh dibandingkan dengan data *Non Car Free Day*. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Varian (Anova) pada saat Penurunan Konsentrasi NO<sub>2</sub> pada *Car Free Day*

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Varian (Ragam)	F hit	F tabel		T hit	T tabel	
					0,01	0,05		0,01	0,05
<b>Perlakuan</b>	1	1036,9	1036,9	459,8	10,0	4,9	3,3074	1,7958	2,2009
<b>Galat</b>	10	22,55	2,26	2	4	6	6	8	9

Hasil Analisis Varian menunjukkan F hitung ( $459,82$ ) > F tabel ( $4,96$ ) pada selang kepercayaan 5%. Hal ini berarti konsentrasi pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* memiliki perbedaan variasi yang signifikan. Untuk mengetahui ada tidak perbedaan rerata konsentrasi NO<sub>2</sub> pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* maka dilakukan Uji t. Hasil analisis pada Uji t menunjukkan T hitung ( $3,30746$ ) > T tabel ( $2,20099$ ) pada selang kepercayaan 5%. Hal ini berarti konsentrasi pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* memiliki perbedaan rerata konsentrasi yang signifikan. Sehingga dari kedua uji tersebut dapat disimpulkan bahwa, secara statistik kadar polutan NO<sub>2</sub> pada saat *Non Car Free Day* memang lebih tinggi dibandingkan kadar polutan NO<sub>2</sub> pada saat *Car Free Day*. Perbedaan kedua konsentrasi gas tersebut pada 2 kelompok hari dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Konsentrasi NO<sub>2</sub> pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* di Wilayah Bundaran HI Jakarta.

Konsentrasi NO<sub>2</sub> pada *Car Free Day* maupun *Non Car Free Day* pada tanggal 5 April hingga 11 Mei 2015 konsentrasinya tidak ada yang melebihi baku mutu Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara dengan nilai konsentrasi 400 µg/Nm<sup>3</sup> dan baku mutu Keputusan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 551/2001 Tentang Penetapan Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Tingkat Kebisingan di Provinsi DKI Jakarta yaitu 400 µg/Nm<sup>3</sup>.

Perbedaan konsentrasi pada *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* dapat diakibatkan dari sumber pencemar transportasi. Kendaraan motor merupakan sumber utama polusi udara di daerah perkotaan dan menyumbang emisi NO<sub>x</sub> sebesar 70% (Departemen of Environment & Conservation, 2005).

### 3. Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) pada *Car Free Day*

Pengambilan sampel TSP menggunakan metode aktif dilakukan pada saat *Car Free Day* (tiap hari Minggu) dan *Non Car Free Day* (tiap hari Senin). Pengambilan sampel di Bundaran HI Jakarta dilaksanakan pada tanggal 5 April sampai tanggal 11 Mei 2015 selama enam kali pengulangan dan dilakukan selama 24 jam pada jam 10.00 – 10.00 WIB. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, maka diperoleh penurunan konsentrasi TSP pada *Car Free Day* yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penurunan Konsentrasi TSP di Udara Ambien pada saat *Car Free Day*

Minggu Ke -	<i>Non Car Free Day</i> (µg/Nm <sup>3</sup> )	<i>Car Free Day</i> (µg/Nm <sup>3</sup> )	Penurunan	
			(µg/Nm <sup>3</sup> )	(%)
1	213	135	78	36,62
2	218	139	79	36,24
3	215	138	77	35,81
4	217	136	81	37,33
5	209	133	76	36,36
6	221	143	78	35,29
Jumlah	1293	824	469	217,66
Rata-rata	215,50	137,33	78,17	36,28
Standar Deviasi	4,18	3,50	1,72	0,69

Minggu Ke -	<i>Non Car Free Day</i>	<i>Car Free Day</i>	Penurunan	
	( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	(%)
Koefisien Variasi (%)	1,94	2,55	2,20	1,91

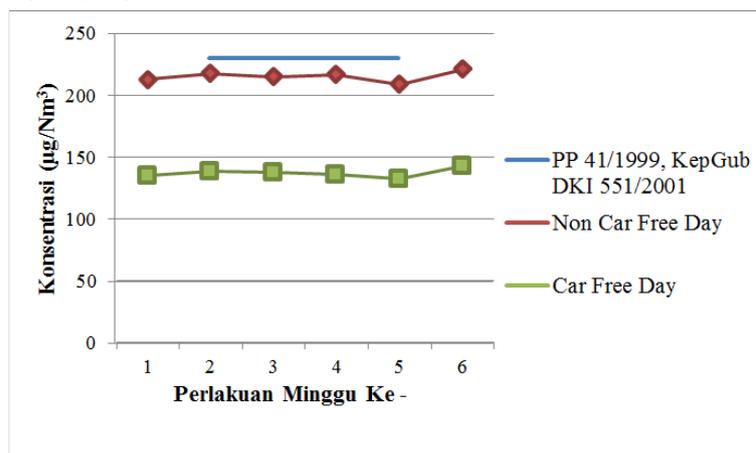
Tabel 6. menunjukkan rata-rata konsentrasi TSP pada saat *Non Car Free Day* adalah  $215,50 \pm 4,18 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan variasi 1,94% selama 6 minggu. Rata-rata konsentrasi TSP pada *Car Free Day* adalah  $137,33 \pm 3,50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan variasi 2,55% selama 6 minggu. Rata-rata penurunan konsentrasi  $\text{NO}_2$  pada *Car Free Day* adalah  $78,17 \pm 1,72 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan variasi selama 6 minggu 2,20% atau rata-rata  $36,28 \pm 0,69\%$  dengan variasi 1,92% selama 6 minggu. Hal ini menunjukkan nilai standar deviasi yang diperoleh lebih dari satu atau menjahui angka nol. Nilai tersebut menunjukkan penyebaran pada data *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* sangat beragam (bervariasi).

Data TSP yang diperoleh dalam penelitian dianalisis menggunakan Analisis Varian dan Uji t. Data *Car Free Day* yang diperoleh dibandingkan dengan data *Non Car Free Day*. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7. Analisis Varian (Anova) pada Penurunan Konsentrasi TSP pada saat *Car Free Day***

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Varian (Ragam)	F hit	F tabel		T hit	T tabel	
					0,01	0,05		0,01	0,05
Perlakuan	1	18330,08	18330,08	1231,58	10,04	4,96	3,31528	1,79588	2,20099
Galat	10	148,83	14,88						

Hasil Analisis Varian menunjukkan bahwa F hitung ( $1231,58$ ) > F tabel ( $4,96$ ) pada selang kepercayaan 5%. Hal ini berarti konsentrasi pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* memiliki perbedaan variasi yang signifikan. Untuk mengetahui ada tidak perbedaan rerata konsentrasi TSP pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* maka dilakukan Uji t. Hasil analisis pada Uji t menunjukkan T hitung ( $3,31528$ ) > T tabel ( $2,20099$ ) pada selang kepercayaan 5%. Hal ini berarti konsentrasi pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* memiliki perbedaan rerata konsentrasi yang signifikan. Sehingga dari kedua uji tersebut dapat disimpulkan bahwa, secara statistik kadar polutan TSP pada saat *Non Car Free Day* memang lebih tinggi dibandingkan kadar polutan TSP pada saat *Car Free Day*. Perbedaan kedua konsentrasi *particulate* tersebut pada 2 kelompok hari dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Konsentrasi TSP pada saat *Car Free Day* dan *Non Car Free Day* di Wilayah Bundaran HI Jakarta.

Konsentrasi TSP pada *Car Free Day* maupun *Non Car Free Day* pada tanggal 5 April hingga 11 Mei 2015 konsentrasinya tidak ada yang melebihi baku mutu Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara dengan nilai konsentrasi 230  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan baku mutu Keputusan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 551/2001 Tentang Penetapan Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Tingkat Kebisingan di Provinsi DKI Jakarta yaitu 230  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

Partikel debu dalam emisi gas buang terdiri dari bermacam-macam komponen. Bukan hanya bentuk padatan tapi juga berbentuk cairan yang mengendap dalam partikel debu. Pada proses pembakaran debu terbentuk dari pemecahan unsur hidrokarbon dan proses oksidasi setelahnya. Partikel berasal dari pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung senyawa karbon yang akan menimbulkan asap yang hampir seluruhnya dari partikel karbon murni atau bercampur dengan berbagai gas-gas organik. Contohnya penggunaan mesin bermotor yang tidak terpelihara dengan baik.

#### 4. Efektifitas Penurunan Konsentrasi $\text{SO}_2$ dan $\text{NO}_2$ antara *Car Free Day* dan *Non Car Free Day*

Sebagai data pembanding untuk efektifitas penurunan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  di wilayah lain yang melakukan program *Car Free Day*, maka dilakukan pengumpulan data sekunder. Wilayah di sekitar Jakarta Pusat yang menerapkan program *Car Free Day* antara lain yaitu wilayah Jakarta Timur dan Tangerang. Data tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 8. Efektifitas Penurunan Konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  pada *Car Free Day* (%)**

Komponen	Jakarta Pusat		Jakarta Timur		Tangerang	
	Penurunan (%)	Koefisien Variasi (%)	Penurunan (%)	Koefisien Variasi (%)	Penurunan (%)	Koefisien Variasi (%)
$\text{SO}_2$	36,50	2,25	29,88	46,10	25,38	33,86
$\text{NO}_2$	37,05	4,91	40,41	22,39	33,72	48,11

Tabel 9. di atas menunjukkan efektifitas penurunan yang paling tinggi pada penurunan  $\text{SO}_2$  yaitu wilayah Jakarta Pusat diikuti oleh Jakarta Timur kemudian Tangerang. Efektifitas penurunan paling tinggi untuk penurunan  $\text{NO}_2$  adalah wilayah Jakarta Timur diikuti oleh Jakarta Pusat kemudian Tangerang, namun variasi pengukuran di Jakarta Timur dan Tangerang sangat besar.

Kendaraan bermotor merupakan sumber utama polusi udara di daerah perkotaan. Menurut Wardhana (2001) sumber pencemar udara  $\text{NO}_x$  di udara dapat dibagi dari beberapa sumber pencemar, dapat dilihat pada Tabel 9.

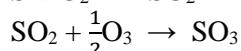
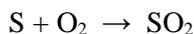
**Tabel 9. Sumber Pencemar  $\text{NO}_x$  di Udara**

Sumber Pencemar	% Bagian	% Total
<b>Transportasi :</b>		<b>39,3</b>
- Mobil bensin	32,3	
- Mobil diesel	2,9	
- Pesawat terbang (dapat diabaikan)	0,0	
- Kereta api	1,9	
- Kapal laut	1,0	
- Sepeda motor, dll	1,5	
<b>Pembakaran Stasioner :</b>		<b>48,5</b>
- Batubara	19,4	
- Minyak	4,8	
- Gas alam (termasuk LPG & Kerosin)	23,3	
- Kayu	1,0	
<b>Proses Industri</b>		<b>1,0</b>
<b>Pembuangan Limbah Padat</b>		<b>2,9</b>
<b>Lain-lain :</b>		<b>8,3</b>

Sumber Pencemar	% Bagian	% Total
- Kebakaran hutan	5,8	
- Pembakaran batubara sisa	1,0	
- Pembakaran limbah pertanian	1,5	
- Pembakaran lain-lain	3,6	
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,00</b>

Sumber : Wardhana, W.A. (2001).

Penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> dapat diakibatkan oleh beberapa sumber pencemar tersebut. Menurut Sudrajad (2005), emisi sulfur oksida terbentuk dari fungsi kandungan sulfur dalam bahan bakar, selain itu kandungan sulfur dalam pelumas, juga menjadi penyebab terbentuknya emisi sulfur oksida. Struktur sulfur terbentuk pada ikatan *aromatic* dan *alkyl*. Dalam proses pembakaran SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub> terbentuk dari reaksi :



Kandungan SO<sub>3</sub> dalam SO<sub>x</sub> sangat kecil sekali yaitu sekitar 1-5%.

Program *Car Free Day* di wilayah Jakarta Pusat diperoleh penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> sebesar 37,05% dan SO<sub>2</sub> sebesar 36,50%. Jakarta Pusat didominasi oleh wilayah perkantoran, penyebab pencemaran diakibatkan oleh sumber bergerak yaitu kendaraan bermotor. Sudrajad (2005), juga menambahkan pencemaran udara yang terjadi di Jakarta 60% adalah disebabkan karena benda bergerak atau transportasi umum yang berbahan bakar solar terutama dari Metromini.

Program *Car Free Day* di wilayah Jakarta Timur diperoleh penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> sebesar 40,41% dan SO<sub>2</sub> sebesar 29,88%. Sedangkan penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> di wilayah Tangerang sebesar 32,72% dan SO<sub>2</sub> sebesar 25,38%. Wilayah Jakarta Timur dan Tangerang didominasi oleh wilayah perindustrian, penyebab pencemaran diakibatkan oleh sumber tidak bergerak yaitu kegiatan industri. Menurut Sudrajad (2005), secara teoritis ada 3 (tiga) teori yang mengemukakan terbentuknya NO<sub>x</sub>, yaitu :

1. *Thermal NO<sub>x</sub> (Extended Zeldovich Mechanism)*, Proses ini disebabkan oleh gas nitrogen yang beroksidasi pada suhu tinggi pada ruang bakar (>1800 K). *Thermal NO<sub>x</sub>* ini didominasi oleh emisi NO, (NO<sub>x</sub> → NO + NO<sub>2</sub>).
2. *Prompt NO<sub>x</sub>*, Formasi ini akan terbentuk cepat pada zona pembakaran.
3. *Fuel NO<sub>x</sub>*, NO<sub>x</sub> formasi ini terbentuk karena kandungan N dalam bahan bakar.

## D. KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan, menyimpulkan bahwa *Car Free Day* dapat menurunkan konsentrasi SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan TSP di Bundaran HI Jakarta yang cukup besar, dengan penurunan kadar SO<sub>2</sub> 36,50%, NO<sub>2</sub> 37,05%, dan TSP 36,28%.

### 2. Saran

1. Perlu diperluas di kota-kota besar dalam penerapan program *Car Free Day* secara nasional di Indonesia.
2. Perlu dikembangkan dalam penelitian selanjutnya untuk parameter polutan lain yang dapat menyebabkan penurunan kualitas udara ambien.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusnar, H. 2007. Kimia Lingkungan. USU Press. Medan
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 19-7119.7-2005. Cara Uji Kadar Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dengan Metoda Griess Saltzman Menggunakan Spektrofotometer. Dewan Standardisasi Indonesia. Jakarta

- \_\_\_\_\_. 2005. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 19-7119.7-2005. Cara Uji Kadar Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) dengan Metoda Pararosanilin Menggunakan Spektrofotometer. Dewan Standardisasi Indonesia. Jakarta
- \_\_\_\_\_. 2005. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 19-7119.7-2005. Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Perlatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metoda Gravimetri. Dewan Standardisasi Indonesia. Jakarta
- Chiras, D. and J.P Reganold. 2005. Natural Resource Conservation. Management For A Sustainable Future. Person Prentice Hall.Uper Saddle River. New York
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. UI Press. Jakarta
- Department of Environment & Conservation (NSW). 2005. Clean Car for NSW. ISBN 1 74137 107 4
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta
- Hill, M.K. 2010. Understanding environmenral pollution. Third edition. Cmbridge University Press. Cambridge
- Mukono, H.J. 2008. Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan. Airlangga University Press. Surabaya
- Slamet, J.S. 2004. Kesehatan Lingkungan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Sudrajad. 2005. Pencemaran Udara.Inovasi Online Edisi, Vol.5/XVII/November
- Wardani, T.K. 2012. Perbedaan Tingkat Resiko Kesehatan Oleh Paparan PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> pada Hari Kerja, Hari Libur, dan Hari Bebas Kendaraan Bermotor di Bundaran HI Jakarta Tahun 2012. Skripsi, Program Studi Kesehatan Lingkungan FKM UI. Depok
- Wardhana, W.A. 2001. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi Offset. Yogyakarta